

Aula 14

Contadores Assíncronos

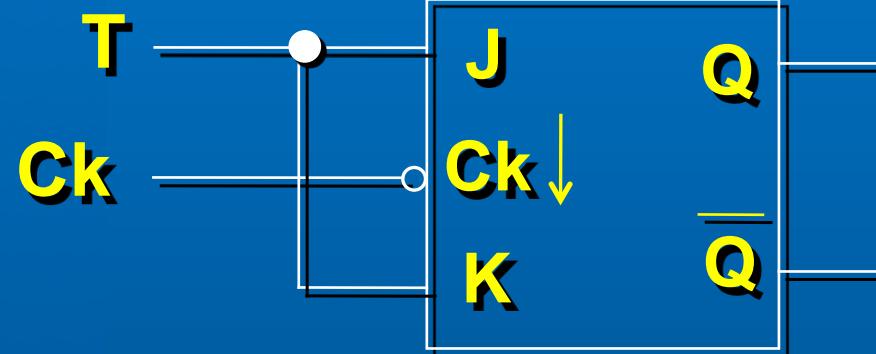
SEL 0414 - Sistemas Digitais

Prof. Dr. Marcelo Andrade da Costa Vieira

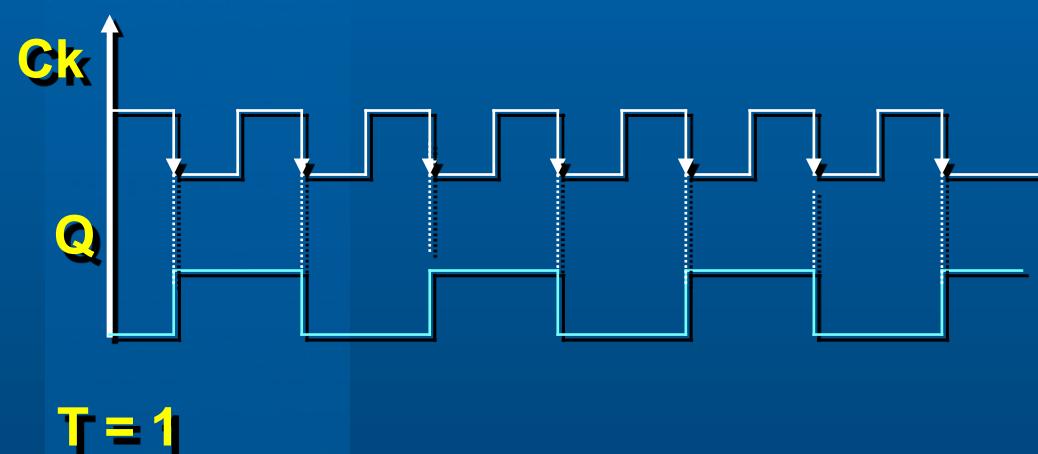
Assíncronos X Síncronos

- **Contadores Assíncronos:**
 - O CLK é colocado apenas no primeiro FF (LSB)
- **Contadores Síncronos:**
 - O mesmo CLK é ligado em todos os FFs;

FF Tipo T (“Toggle”)



T	Q
0	Q_0
1	\bar{Q}_0



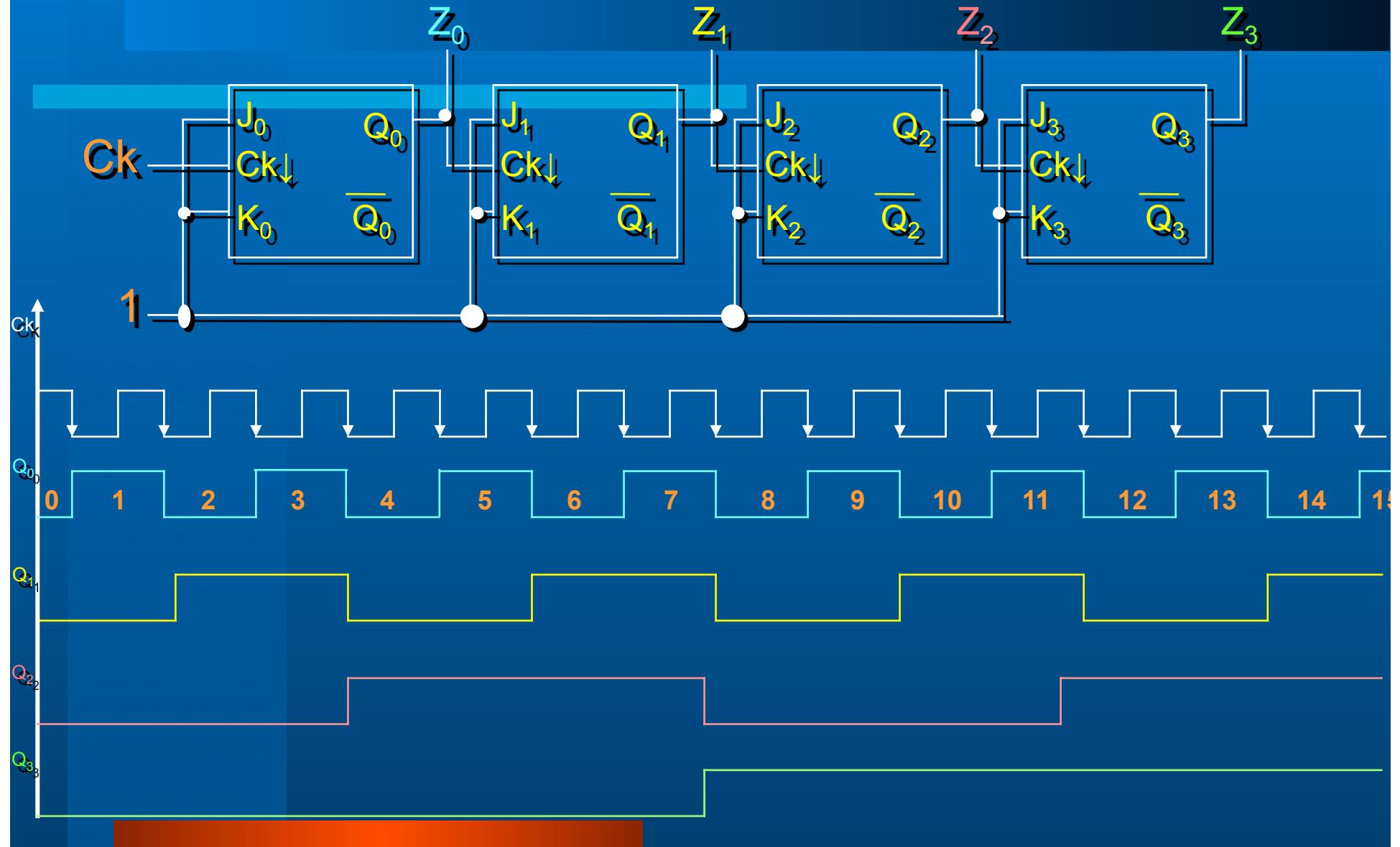
$$f_Q = f_{Ck} / 2$$

Divisor por 2

Contador Assíncrono de 4 bits

Pulsos Ck	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0
	0	0	0	0
1º	0	0	0	1
2º	0	0	1	0
3º	0	0	1	1
4º	0	1	0	0
5º	0	1	0	1
6º	0	1	1	0
7º	0	1	1	1
8º	1	0	0	0
9º	1	0	0	1
10º	1	0	1	0
11º	1	0	1	1
12º	1	1	0	0
13º	1	1	0	1
14º	1	1	1	0
15º	1	1	1	1
16º ...	0	0	0	0

Contador Assíncrono de 4 bits



Módulo de um contador binário

- Módulo $\equiv 2^n$ (n° de estados)
- Para n FFs, pode-se dividir a f_{CK} por até 2^n
- $f_n = f_{CK}/2^n$
- Um contador binário de n bits tem $Q_n = \text{MSB}$ e $Q_0 = \text{LSB}$
- Também corresponde a um divisor de frequências:
 - f de $Q_0 = f_{CK}/2$
 - f de $Q_1 = f_{Q_0}/2 = f_{CK}/4$
 - f de $Q_2 = f_{Q_1}/2 = f_{CK}/8$
 - f de $Q_3 = f_{Q_2}/2 = f_{CK}/16$

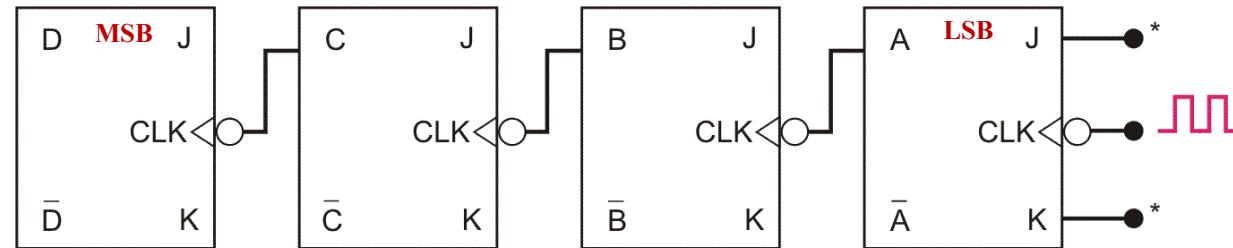
Contadores

- Podem ser **crescentes** ou **decrescentes**
 - **Crescente:** inicia em zero e vai até o valor máximo, dependendo do seu módulo
 - **Decrescente:** Inicia no valor máximo, que depende do seu módulo, e termina em zero.
- Exemplos:
 - Contador crescente de módulo 8 → 000 – 111 (0 - 7)
 - Contador decrescente de módulo 8 → 111 – 000 (7 - 0)

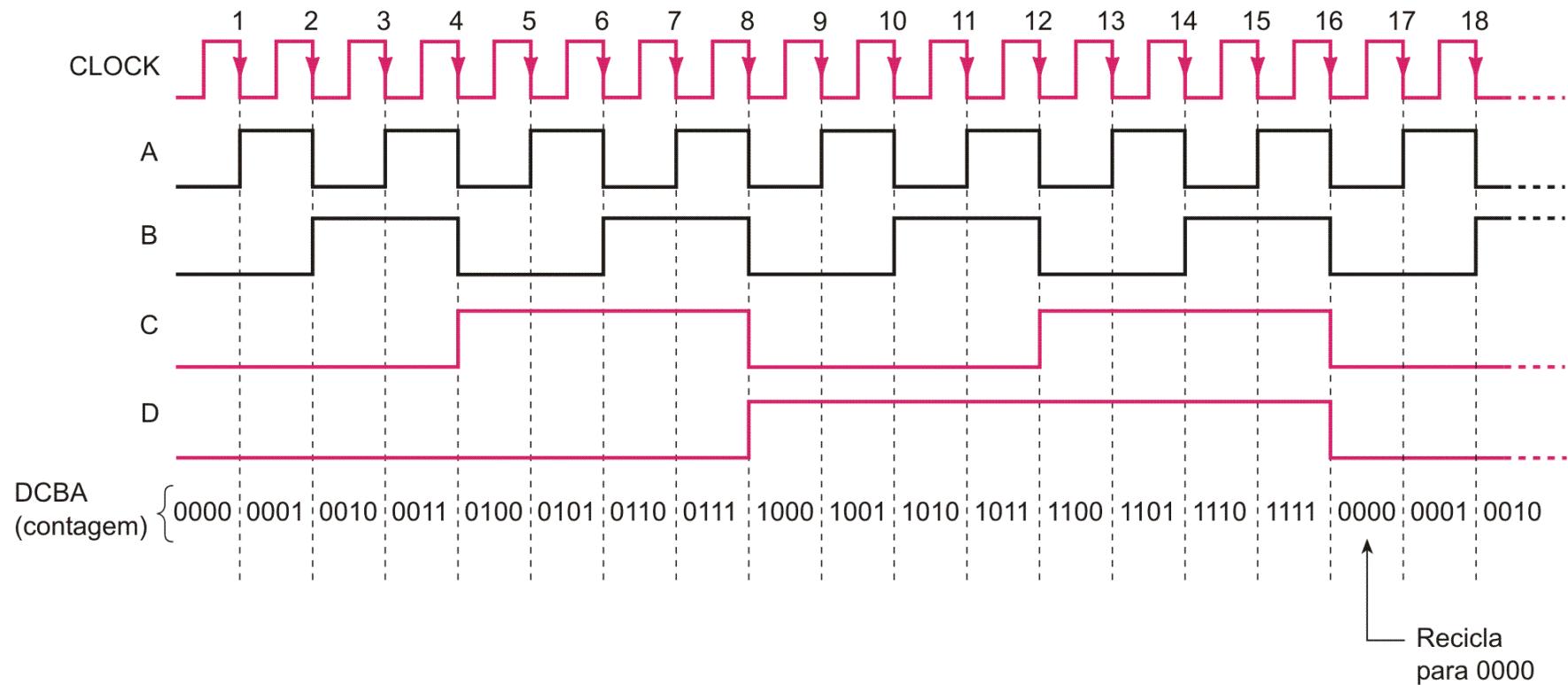
Contador Crescente

- FF tipo T sensível à borda de descida
 - Saída Q do FF ligada no Ck do próximo FF
 - A contagem fica registrada nas saídas Q dos FF
- FF tipo T sensível à borda de subida
 - Saída \bar{Q} do FF ligada no Ck do próximo FF
 - A contagem fica registrada nas saídas Q dos FF

Contador Assíncrono Crescente de 4 bits



*Todas as entradas J e K
estão em nível 1



CONTADOR CRESCENTE E DECRESCENTE

Crescente				Decrescente			
	Q ₂	Q ₁	Q ₀		Q ₂	Q ₁	Q ₀
0	0	0	0	7	1	1	1
1	0	0	1	6	1	1	0
2	0	1	0	5	1	0	1
3	0	1	1	4	1	0	0
4	1	0	0	3	0	1	1
5	1	0	1	2	0	1	0
6	1	1	0	1	0	0	1
7	1	1	1	0	0	0	0

Para fazer um contador decrescente de módulo = 2^n , considere as saídas invertidas de um contador crescente.

Contador Decrescente

- Montar um contador crescente e considerar as saídas invertidas*:
 - FF sensível à borda de descida
 - Saída Q do FF ligada no Ck do próximo FF
 - A contagem fica registrada nas saídas \bar{Q} dos FF
 - FF sensível à borda de subida
 - Saída \bar{Q} do FF ligada no Ck do próximo FF
 - A contagem fica registrada nas saídas \bar{Q} dos FF

* Só vale para módulo = 2^n

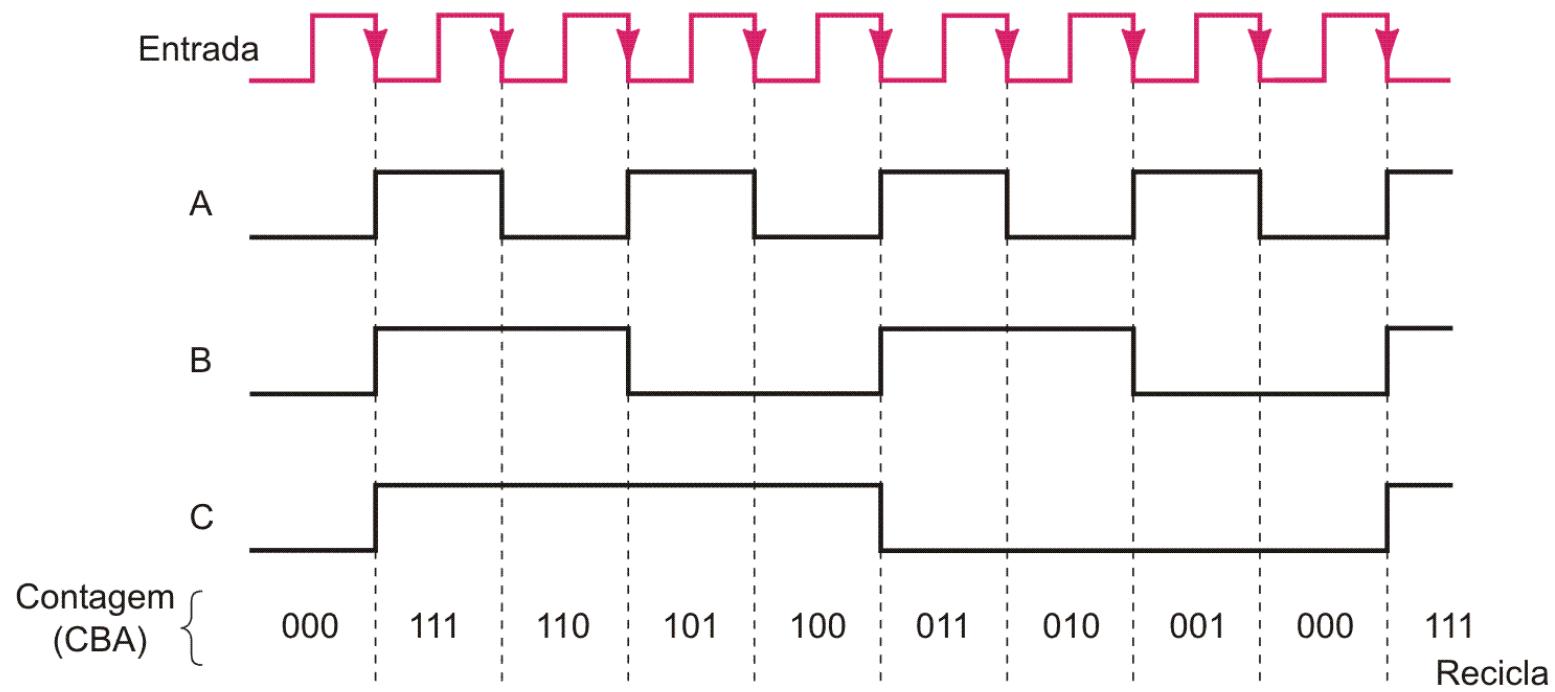
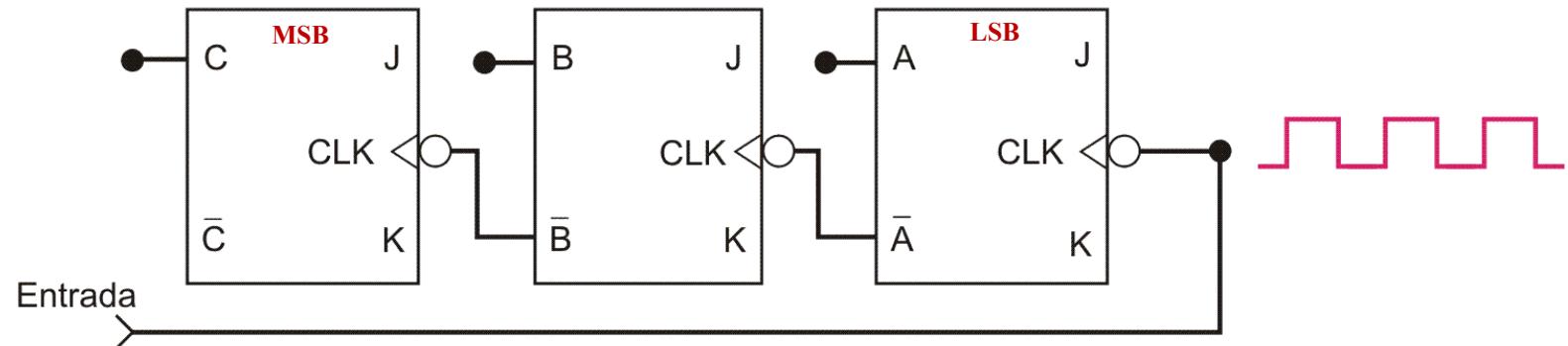
Contador Decrescente

- Montar um contador decrescente*:
 - FF sensível à borda de descida
 - Saída \bar{Q} do FF ligada no Ck do próximo FF
 - A contagem fica registrada nas saídas Q dos FF
 - FF sensível à borda de subida
 - Saída Q do FF ligada no Ck do próximo FF
 - A contagem fica registrada nas saídas Q dos FF

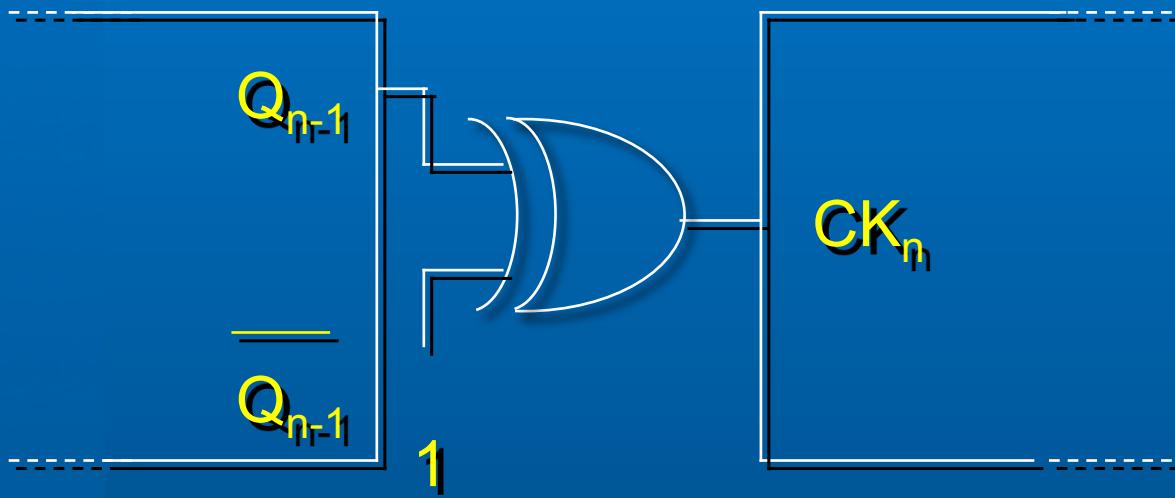
* Vale para qualquer módulo

Contador decrescente de módulo 8

Todas as entradas J e K
estão em nível alto



Contagem crescente/decrescente



Porta Ou-Exclusivo = *inversor controlado*:

$$A \oplus 0 = A$$

$$A \oplus 1 = \overline{\overline{A}}$$

Contadores Assíncronos de Módulo $< 2^n$

Crescente

Contador Assíncrono Crescente de Módulo $< 2^n$

- Uso o \overline{Clear} do FF para reiniciar a contagem;
- Projeto: se desejo contar até X:
 - Determinar o menor número de FFs necessários ($2^n \geq X$) e monte o contador assíncrono crescente
 - Conecte a saída de uma porta NAND ao \overline{Clear} de todos os FFs
 - Determine quais os FFs que estão em nível alto na contagem ($X+1$) e conecte na porta NAND

Contador Assíncrono de Década (Módulo 10)

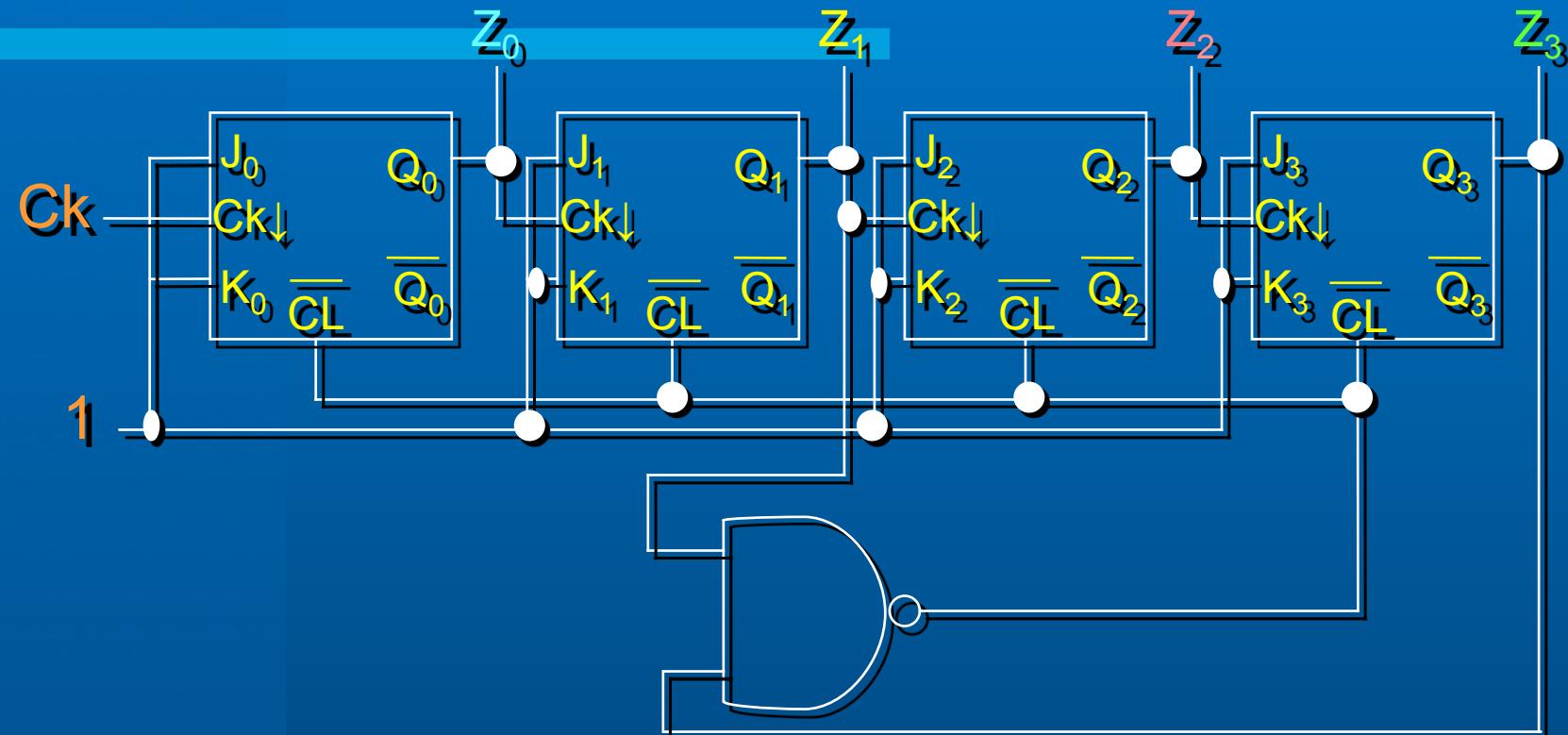
Pulsos Ck	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	CL
0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	1
4	0	1	0	0	1
5	0	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1
7	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	1
9	1	0	0	1	1
10*	1	1	0	1	0*

* Para Clear = 0 \rightarrow

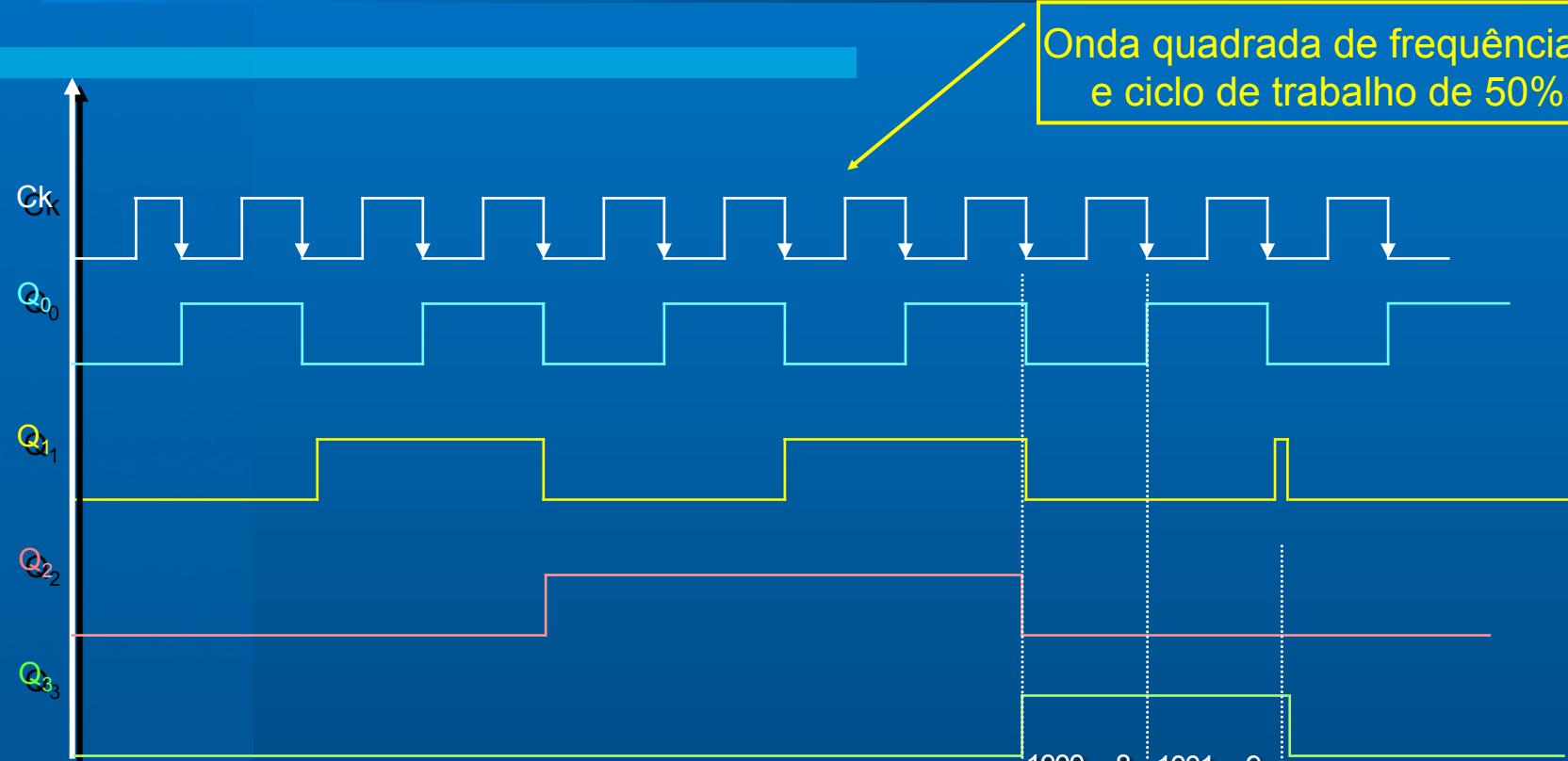
Estado 1010 \rightarrow

Clear = $\overline{Q_3} \overline{Q_1}$

Circuito do Contador BCD (Módulo 10)



Círcuito do Contador Assíncrono BCD



Onda quadrada de frequência
 $f/10$ e ciclo de trabalho de 20%

Ação do CLEAR

Contadores Assíncronos de Módulo $< 2^n$

Decrescente

Contador crescente e decrescente

- **Crescente:** inicia em zero e vai até o valor máximo, dependendo do seu módulo
- **Decrescente:** Inicia no valor máximo, que depende do seu módulo, e termina em zero.
- Exemplos:
 - Contador crescente de módulo 10 → 0000 – 1001 (0 - 9)
 - Contador decrescente de módulo 10 → 1001 – 0000 (9 - 0)

Contador Assíncrono decrescente de Módulo $< 2^n$

- Use o Clear do FF para reiniciar a contagem;
- Projeto: se desejo contar até X:
 - Determinar o menor número de FFs necessários ($2^n \geq X$) e monte o contador **decrescente assíncrono***
 - Conecte a saída de uma porta NAND ao Clear apenas dos FFs que devem ir para zero no início da contagem. Isso dependerá do módulo do contador.
 - Conecte todas as saídas do contador na entrada dessa porta NAND.

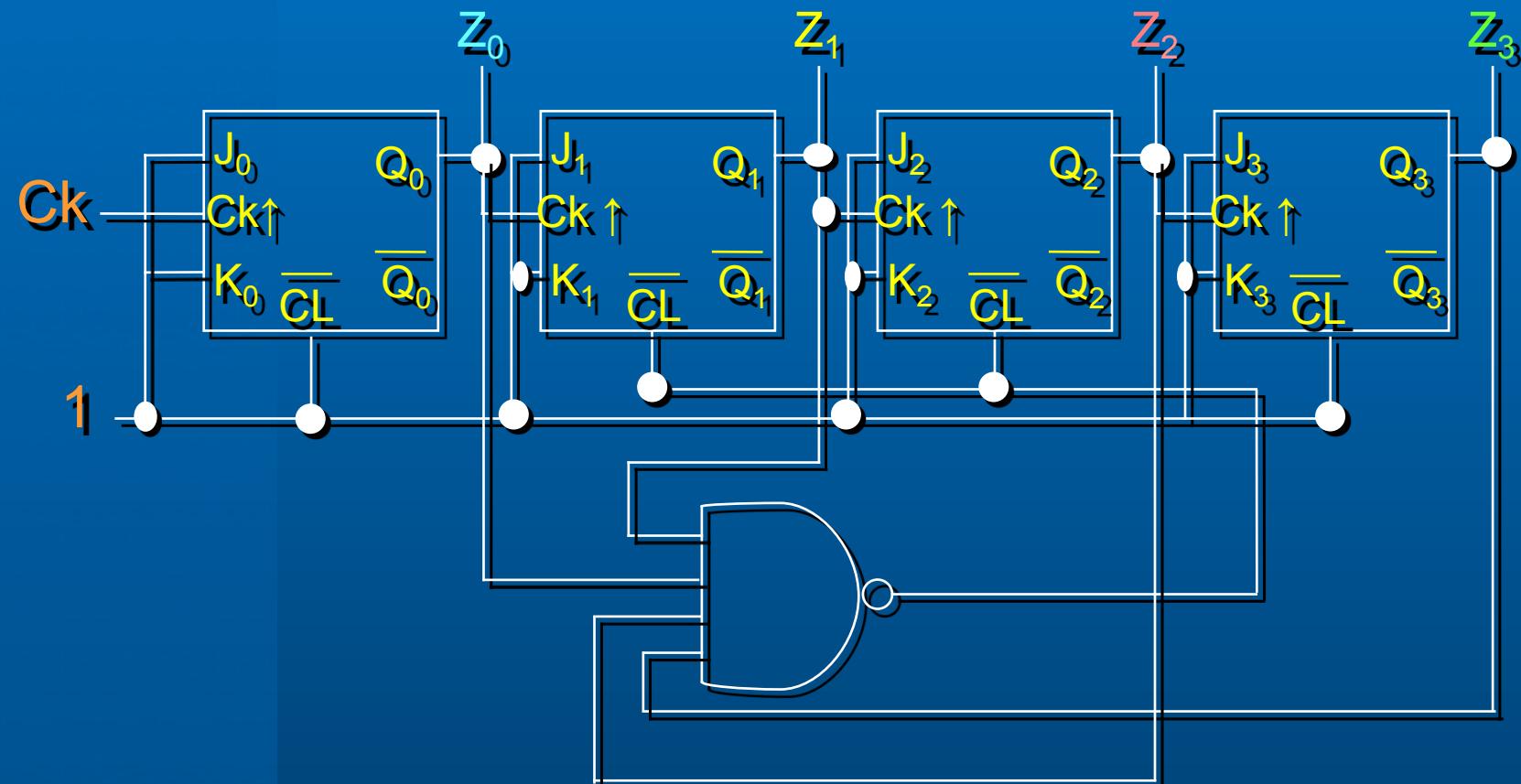
**não monte o crescente e use saídas invertidas!*

Contador Decrescente de Década (BCD)

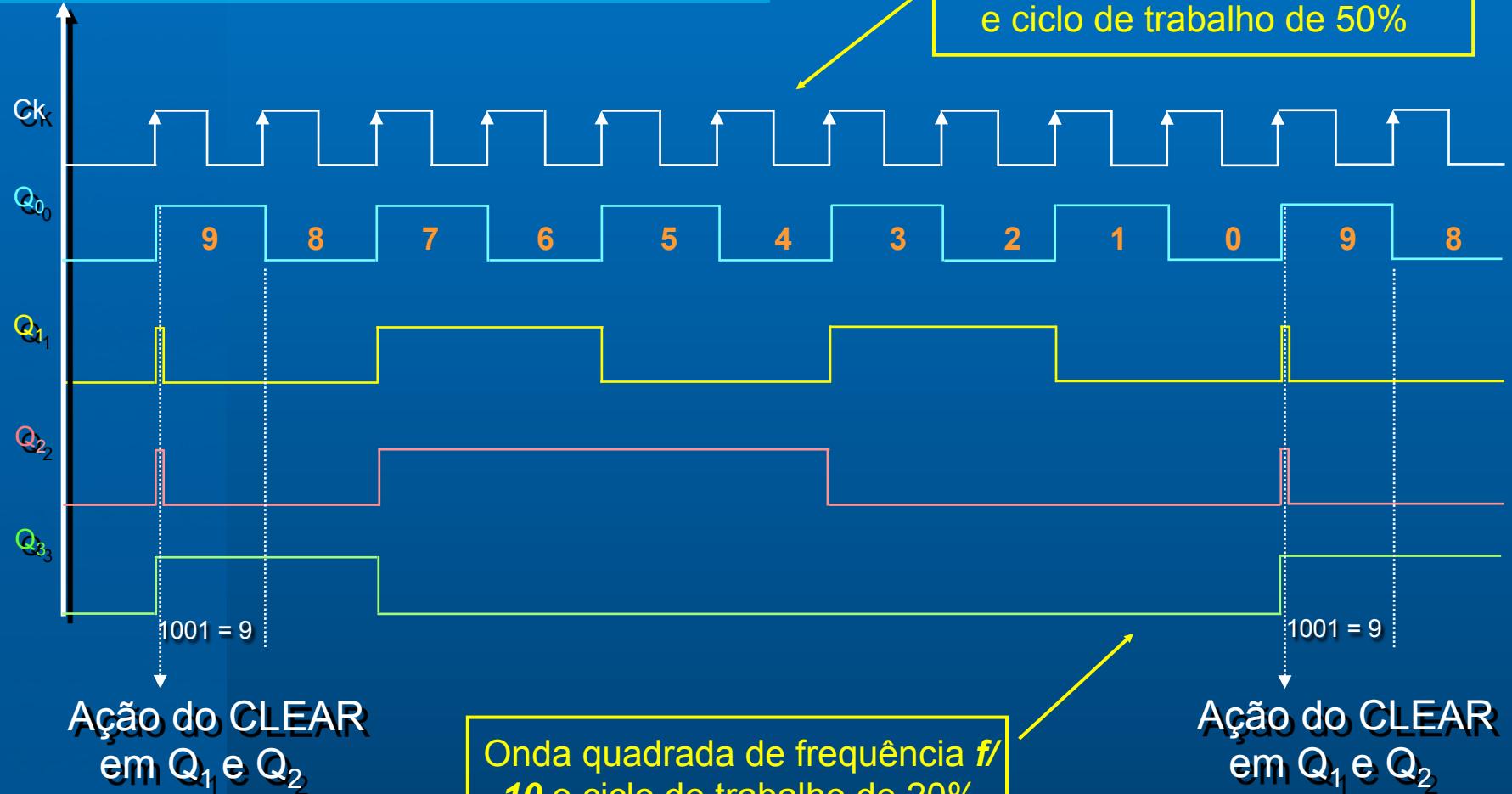
Contagem	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	CL
9	1	0	0	1	1
8	1	0	0	0	1
7	0	1	1	1	1
6	0	1	1	0	1
5	0	1	0	1	1
4	0	1	0	0	1
3	0	0	1	1	1
2	0	0	1	0	1
1	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	1
15*	1	1	1	1	0*

* O clear é gerado quando todos os FF estiverem em 1, mas apenas é ligado nos FFs que devem ser zerados para reinício da contagem, nesse caso, Q_1 e Q_2 .

Círcuito do Contador Assíncrono Decrescente BCD (Módulo 10)



Círcuito do Contador Decrescente BCD

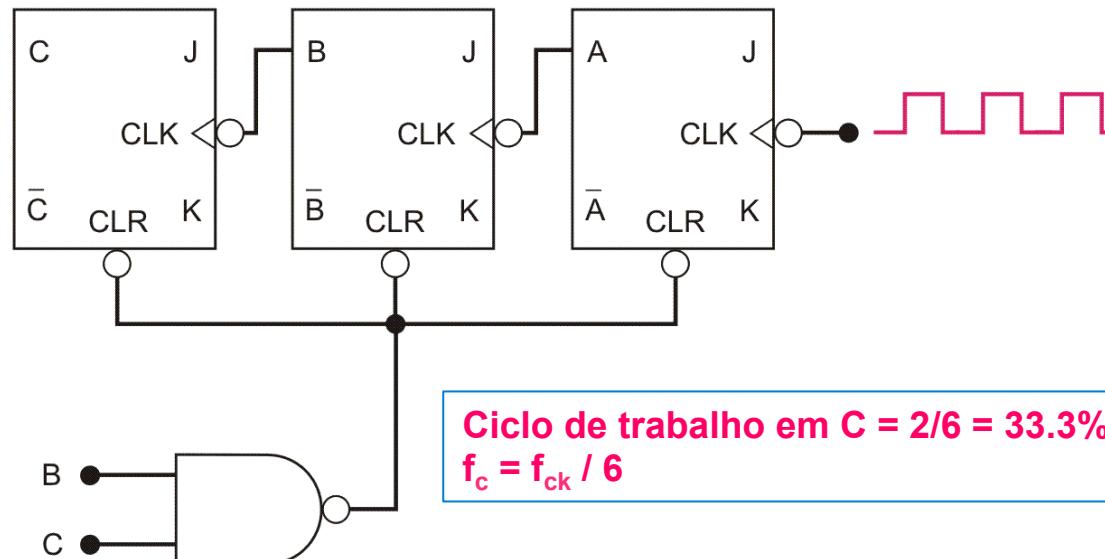


Contadores Assíncronos de Módulo $< 2^n$

- Na saída MSB do contador, a frequência do clock na entrada é dividida pelo módulo do contador.
- O ciclo de trabalho da onda de saída só é de 50% se o contador for de módulo = 2^n
- Para contadores de módulo $< 2^n$, o ciclo de trabalho da onda resultante será sempre menor do que 50%, sendo crescente ou decrescente.

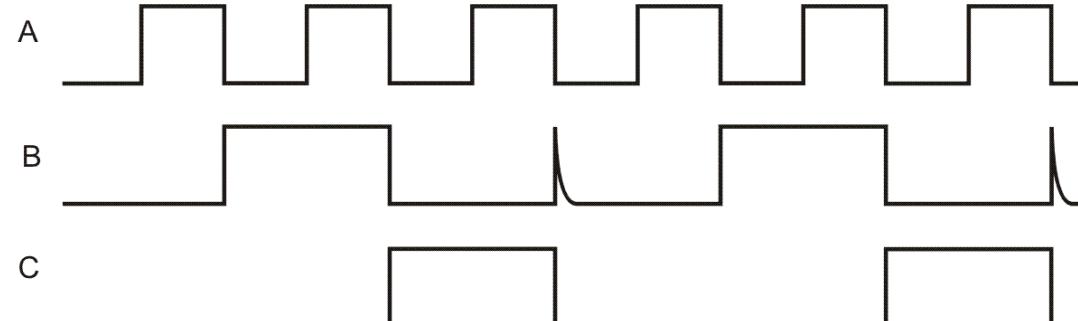
Ex: Contador Assíncrono Crescente de Módulo 6

Todas as entradas J e k estão em nível 1.



Ciclo de trabalho em C = 2/6 = 33.3%
 $f_c = f_{ck} / 6$

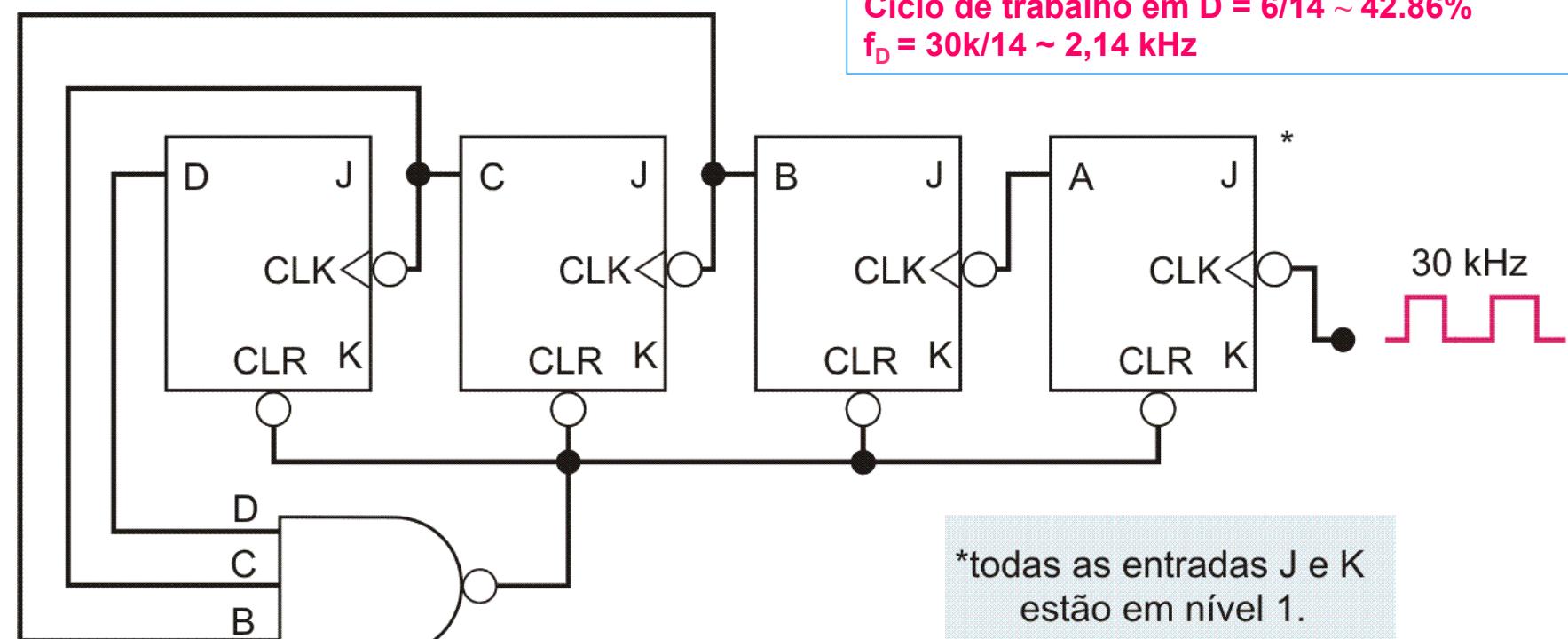
Pulsos de entrada
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12



Saída da 1
NAND

0

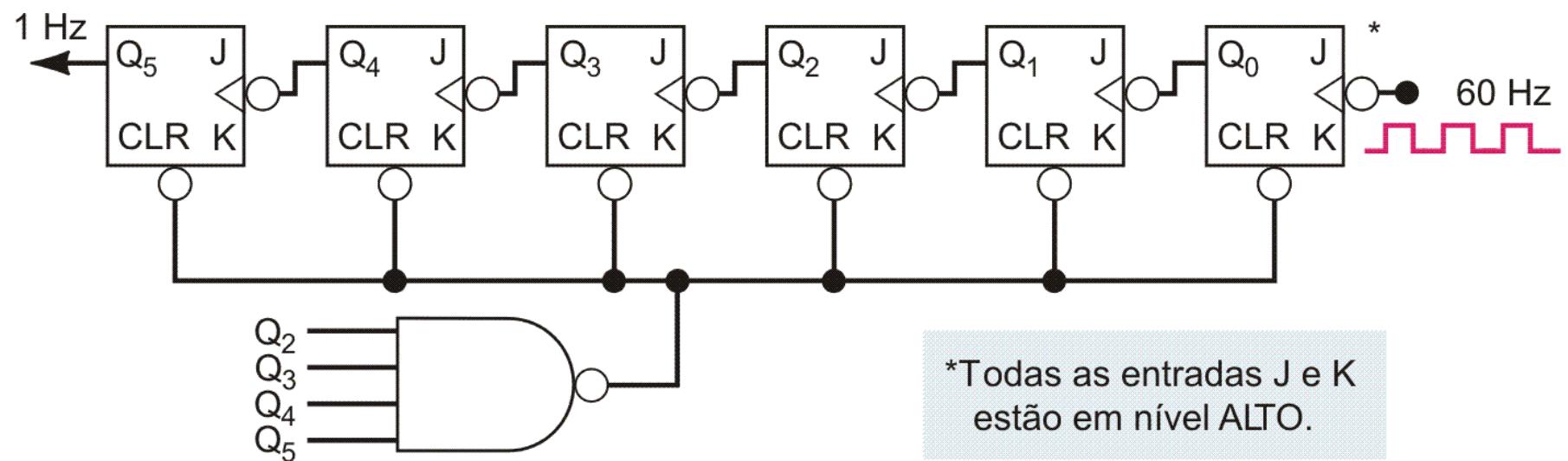
Ex: Contador Assíncrono Crescente de Módulo 14



Ex: Contador Assíncrono Crescente de Módulo 60

- $2^6 = 64$
- $60_{(d)} = 111100_{(b)}$

Ciclo de trabalho em $Q_5 = 28/60 \sim 46.67\%$



Exercício

Um circuito fornece pulsos quadrados de período igual a $2 \mu s$ e ciclo de trabalho de 50%. Queremos obter um sinal de período igual a $8 \mu s$ e ciclo de trabalho de 25%. Monte o circuito usando contadores assíncronos e portas lógicas se necessário.

FIM